

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra obrábění a montáže

## **Racionalizace výroby závitů**

### ***Rationalization of Thread Production***

Student:

Petr Šimek

Vedoucí bakalářské práce:

Doc. Ing. Vladimír Vrba, CSc.

Ostrava 2009

## Prohlášení studenta

Prohlašuji, že:

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména §35 - užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 - školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB - TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB – TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé bakalářské práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB - TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB - TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo - bakalářskou práci nebo poskytnou licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB - TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB -TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě .....

.....  
Petr Šimek

Adresa trvalého pobytu diplomanta: **Petr Šimek**

**Nemile 131**

**Zábřeh 78901**

### **Prohlášení studenta**

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě .....

.....

podpis studenta

## **ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

GREPL, M. Racionalizace výroby závitů. Ostrava: katedra obrábění a montáže, Fakulta strojní VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2008, 50 s. Bakalářská práce, vedoucí Vrba, V.

Bakalářská práce se zabývá výběrem vhodných obráběcích strojů a nástrojů za účelem převedení výroby součásti na novou technologii s cílem minimalizace strojních časů na kapacitě přetíženém CNC obráběcím centru. Jedná se o obrábění skříně k osazení elektronických komponentů, které jsou dále využívány v technologických linkách. V úvodu je popis výroby závitů a v hlavní části konkrétní návrh zlepšení pracovního postupu. Závěrem práce je technicko-ekonomické zhodnocení nově navržené technologie.

## **ANOTATION OF THESIS**

Šimek, P. Rationalization of Thread Production. Ostrava: Department of Cutting and Assembly, Faculty of Mechanical Engineering VŠB – Technical University of Ostrava, 2008, 50 p. Bachelor Thesis, head: Vrba, V.

The bachelor theses deals with choosing appropriate cutting machines and tools to convert production components for a new technology to minimise machinery slots on the capacity congested CNC in the cutting center. The work concerns machining cabinets to permit electronic components which are also used in technology lines. In the introduction, there is description of manufacture turns and in the main part there can be found a specific proposal for improvement of the working procedure. In conclusion of the work is the techno-economic evaluation newly proposed technology.

## Obsah bakalářské práce

<b>1</b>	<b>Obecná charakteristika problému.....</b>	<b>2</b>
1.1	Vývoj společnosti.....	2
1.1.1	<i>Vznik a moderní vývoj společnosti Slovácké strojírny a.s. ....</i>	<i>2</i>
1.1.2	<i>Společnost Slovácké strojírny a.s. – provozovna Zábřeh.....</i>	<i>5</i>
1.2	Důvody volby práce .....	8
<b>2</b>	<b>Výroba závitů .....</b>	<b>8</b>
2.1	Rozdělení závitů.....	8
2.1.1	<i>Princip rozdělení závitů .....</i>	<i>8</i>
2.1.2	<i>Druhy závitů .....</i>	<i>9</i>
2.2	Řezání závitů.....	11
2.2.1	<i>Řezání vnitřních závitů.....</i>	<i>11</i>
2.2.2	<i>Řezání vnějších závitů .....</i>	<i>12</i>
2.3	Výroba závitů obráběním.....	14
2.3.1	<i>Soustružení závitů .....</i>	<i>14</i>
2.3.2	<i>Broušení závitů.....</i>	<i>16</i>
2.3.3	<i>Frézování závitů .....</i>	<i>17</i>
2.4	Výroba závitů tvářením.....	20
2.4.1	<i>Výroba vnitřních závitů.....</i>	<i>21</i>
2.4.2	<i>Výroba vnějších závitů .....</i>	<i>23</i>
<b>3</b>	<b>Návrh technologie výroby závitů na nerotačních součástech .....</b>	<b>24</b>
3.1	Cíl výzkumu .....	24
3.2	Současný stav a analýza výroby závitů ve firmě slovácké strojírny a.s. ....	25
3.2.1	<i>Obráběný materiál .....</i>	<i>25</i>
3.2.2	<i>Používané stroje firmy Slovácké strojírny a.s. ....</i>	<i>25</i>
3.2.3	<i>Používané nástroje firmy Slovácké strojírny a.s. ....</i>	<i>29</i>
3.3	Současná výroba.....	31
3.3.1	<i>Obecná charastika vyráběné součásti.....</i>	<i>31</i>
3.3.2	<i>Technologie výroby .....</i>	<i>32</i>
3.4	Racionalizace výroby .....	34
3.4.1	<i>Zlepšení technologie výroby.....</i>	<i>34</i>
3.4.2	<i>Návrh nových nástrojů .....</i>	<i>36</i>

<b>4</b>	<b>Diskuze experimentů.....</b>	<b>39</b>
4.1	Porovnání technologií výroby.....	39
4.2	Výhody tvářecího nástroje DC Swiss .....	39
<b>5.</b>	<b>Technicko-ekonomické zhodnocení.....</b>	<b>40</b>
5.1	Stávající technologie výroby.....	40
5.2	Nová technologie výroby .....	40
5.2	Porovnání nákladů oboutechnologií.....	40
5.2	Závěr .....	41

## **1 Obecná charakteristika problému**

Tato bakalářské práce vznikla na základě spolupráce s firmou Slovácké strojírny a.s., se sídlem v Zábřeze na Moravě, jež se dlouhá léta zabývá vývojem a výrobou složitých výrobků.

Cílem práce je převedení výroby vybrané součásti (výkres viz příloha) na moderní a progresivnější technologii. Je snaha dosáhnout urychlení, vyšší kvality obrábění a v neposlední řadě také snížit náklady na výrobu.

Při volbě nové technologie bylo bráno v potaz stávající vybavení strojového parku firmy a její ekonomické možnosti, které je dostatečně kvalitní. V souvislosti se zavedením nové technologie tedy nebude nutné kupovat stroje nové. Z ekonomických důvodů by to ani nebylo žádoucí.

### **1.1 Vývoj společnosti**

#### **1.1.1 Vznik a moderní vývoj společnosti Slovácké strojírny a.s.**

##### **Historie společnosti [4]:**

Společnost Slovácké strojírny s.r.o. zahájila výrobu v Uherském Brodě a to ocelových konstrukcí a elektrických mostových jeřábů typového provedení do 63 t. v roce 1951. O rok později začala vyrábět i stroje a zařízení pro geologický výzkum. Velká prosperita z ekonomického i hospodářského hlediska si roku 1957 vyžádala rozšíření o poboční podnik v Moravských Budějovicích a přičlenění podniku k výrobně hospodářské jednotce Uničovské strojírny. V roce 1960 došlo k rozšíření sortimentu výroby postupným zaváděním produkce speciálních jeřábů určených do provozů elektrolýzy hliníku v několika modifikacích a technologických zařízení pro chemický průmysl, což mělo za následek přičlenění podniku k výrobně hospodářské jednotce Královopolská strojírna Brno. Další zahájení výroby přišlo v roce 1967 a to montážních plošin (celkem vyrobeno 3000 ks) řady MP na podvozcích AVIA, LIAZ, TATRA s maximální výškou dosahu 27 m (MPT - 27, PP - 27) a zahájení výroby lisů na výrobu klínových řemenů typ 44072, 44668 a vstřikovacích lisů na technickou pryž typu LKV 600, 4520 - 111 (až 115) s celkovou produkcí 370 ks. Nedlouho na to také zahájení výroby speciální techniky. V roce 1970 přišlo rozšíření výroby atypických,

drapákových a speciálních jeřábů dle požadavků zákazníka do nosnosti 150 t. Poté se růst společnosti mírně pozastavil, kdy došlo ve společnosti k zásadním změnám organizační struktury, která směřovala k jejímu zjednodušení a zvýšení efektivnosti a tím vytvoření předpokladů k odstranění neproduktivních nákladů. Poté v roce 1989 došlo k dalšímu rozšíření sortimentu o speciální elektrické mostové jeřáby vyšších nosností až 320 t. Ukončení výroby speciální techniky. Postupně zahájena výroba zametacích vozů, kontejnerů, nůžkových plošin a doplňkové výroby přesných ocelových konstrukcí. Rovněž dosavadní sortiment montážních plošin byl postupně rozšířen. Rok poté došlo ke vzniku samostatné akciové společnosti se 100% účastí státu. V roce 1998 získala společnost certifikát ISO 9001 a o dva roky později kapitálově vstoupila do společnosti MEP Postřelmov. V roce 2000 a 2002 byly založeny společné firmy T-Centrum a.s. a SUB Cranes a.s.

#### **Moderní vývoj společnosti:**

Slovácké strojírny vešly do nového tisíciletí jako moderní firma se všemi předpoklady pro další rozvoj. Již dříve si společnost vytvořila podmínky pro trvalý proces úspory vnitřních nákladů, flexibility výroby a zrychlený inovační cyklus výrobků. Jako vysoce pozitivní spatřuji trvalé zajištění požadované kvality vyráběné produkce, výrazné zkrácení termínů výroby, a v neposlední řadě podstatné zvýšení produktivity práce. Tato skutečnost umožnila již dříve uplatnit naši produkci na vyspělých trzích (převážně SRN, Holandsko, Rakousko, Švýcarsko), obnovit export hliníkárenských jeřábů na trhy Egypta a Ruska. Naplnění produkce se zajištěnou návratností vložených finančních prostředků dává předpoklad stability a perspektivy akciové společnosti i po přijetí České republiky do Evropské unie. Správnost procesu vnitřní restrukturalizace společnosti ve všech oblastech její činnosti byla potvrzena v červnu 1998 získáním certifikátu ISO 9001 a jeho obhájením v roce 2001. Po roce 2000 se rozvoj společnosti zaměřil i na proniknutí do jiných oblastí podnikání a tak společnost v roce 2000 vstoupila kapitálově do společnosti MEP Postřelmov, a. s., kde je vlastníkem více než 10 % akcií a v tomtéž roce založila společný podnik s 50% účastí T-Centrum. CZ, a.s. s předmětem podnikání reklamní činnost a marketing a v roce 2002 založila společný podnik SUB Cranes, a. s. s partnerem z Velké Británie se zaměřením na proniknutí na světové trhy v dodávkách zařízení pro hliníkárný. V roce 2005 se jí také podařilo rozšířit a výrobu do Nové provozovny v Zářeze na Moravě.



### **Zaměření výroby podniku:**

V současné době podnik Slovácké strojírny a.s. se rozděluje na dva samostatné závody, kde první závod navazuje na tradici výroby montážních a požárních plošin, lisů na zpracování technické pryže, speciální techniky a výroby strojních dílů pro jeřábovou techniku. V druhém závodě je nosným výrobním programem po celou dobu existence Slováckých strojírny elektrické mostové jeřáby, jejich příslušenství a ocelové konstrukce. Tento výrobní program doznával v průběhu let určitých změn a postupného vývoje a tomu byla přizpůsobována také jeho konstrukčně-technologická a výrobní základna.

### **Reference společnosti**

➤ Mostové a portálové jeřáby

Ve Slováckých strojárnách bylo doposud vyprojektováno, zkonstruováno a vyrobeno více než 4 900 jeřábů. Většina z nich stále pracuje v metalurgických provozech, hliníkárnách, cementárnách, spalovnách domovního a průmyslového odpadu, v elektrárnách, přečerpávacích stanicích, papírnách, cukrovarech, skladech, přístavech, překladištích a různých výrobních závodech. Kromě České a Slovenské republiky jsou jeřáby se značkou SUB provozovány v dalších 24 státech Evropy, Asie, Afriky a Jižní Ameriky. Od poloviny devadesátých let jsme vyrobili více než 60 jeřábů pro české, německé, rakouské, holandské a švýcarské firmy pod jejich značkou.

➤ Hliníkárenské jeřáby

Od roku 1960 bylo vyrobeno přes 650 jeřábů pro hliníkárný v Rusku, Indii, Egyptě, Tádžikistánu a Turecku. Jeřáby pracují v provozech s podélnou a příčnou orientací pecí v jednořadém i dvouřadém uspořádání.

➤ Vysokozdvížené plošiny

Vysokozdvížných plošin bylo celkem dodáno více než 5 000 kusů zákazníkům ve 14 zemích.

➤ Vstřikovací stroje pro technickou pryž

Vstřikovacích strojů bylo vyrobeno 2 640 kusů. Naprostá většina pro zákazníky v Rusku, respektive státech bývalého Sovětského svazu.

➤ Drtiče betonu a kamene

Převážně pro demoliční práce doposud dodáno 285 strojů.

➤ Podávací zařízení pro obráběcí centra

Pro americký trh bylo vyrobeno 890 kusů.

➤ Ostatní obory

V ostatních oborech se počty vyrobených kusů pohybují od desítek do několika stovek. Kolem 90 % výrobků v současné době směřuje na export, zejména do zemí E. U.

### 1.1.2 Společnost Slovácké strojírny a.s. – provozovna Zábřeh

**Adresa působnosti:**

Slovácké strojírny a.s.

Provozovna Zábřeh

Na Nové 1697/25

78901 Zábřeh na Mor.

Slovácké strojírny a.s. je firma s moderním výrobním zařízením orientující se z 95% na zahraniční trh. Společnost je umístěna v Zábřehu na Mor. s okresním městem Šumperk, které je vzdálené 16km a kde je k dispozici nejbližší celní úřad a letiště pro malá letadla. Nejbližší mezinárodní letiště je ve Vídni (150km) a Praze (300km). Přímou ve firmě je kolejová vlečka ústící do výrobní haly. Železniční nádraží Zábřeh na Mor. je vzdálené 1 km od společnosti.

**Společnost nabízí služby v oblastech:**

➤ Svařování

Dle výkresové dokumentace zákazníka zhotovují svařence do hmotnosti 12,5 tuny. Polotovary svařenců jsou připravovány na CNC strojích z materiálu do tloušťky 200mm. Standardní požadavky na jakost svařenců hodnotíme dle ČSN 05 0235 stupně přesnosti 2 a jakost svarových spojů dle ČSN EN 25 817 stupně jakosti C – vizuální kontrola svarů

➤ Tepelné zpracování

Provádí se v souboru počítačem řízených šachtových pecí firmy AICHELIN a to v ochranné atmosféře:

- zušlechťování, kalení (max. teplota 980°C)
- Žihání, popouštění (max. teplota 980°C)
- cementaci, nitridaci (dokladovatelnost protokolem)
- vakuové kalení (max. teplota 1100°C)  
a bez ochranné atmosféry ve vozových pecích:
- Popouštění, žihání (max. teplota 960°C)
- žihání (max. teplota 700°C)
- povrchové kalení

➤ Obrábění

Nabízíme výrobu rotačních a nerotačních součástí s přesností v toleranci IT6 na našem strojním parku:

- Soustruhy (SU50,SU63,SU80,SK12,SKJ12,SPT16NC,SPT32NC.SPR63NC)
- svislá obráběcí centra – systém Heidenhaim  
(MCFV125EZ,MCFV1260NT,MCFV2080NT)
- horizontální obráběcí centra – systém Handenhaim  
(WFQ80NCA,WHN13,8ACNC,WHQ13CNC,WHQ13.8ACNC/30,WHN13.8A  
CNC/25)
- horizontální vyvrtávačky (W63,W100,W100A)
- brusky –hrotové (brusná délka do 3000 mm), tangenciální, magnetická  
(2000x800 mm)
- obrážečky – max. výška obrázení 320 mm

➤ Povrchové úpravy

- Tryskáním ocelovými broky (rozměr kabiny 3000šx9000hx3000v)
- Mokré lakování s dosoušením (rozměry kabiny LAGOS 4000šx7000hx2800v)

### **Užitkové specifikace společnosti**

#### ➤ Výrobní plochy:

Všechny výrobní plochy mají nosnost podlah  $2000\text{kg/m}^3$  a jsou vytápěné parou. Dále mají kompresory s tlakovým vzduchem 6 bar a energetickým příkon 230/400 V. Je zde 5 hal a to:

- Nástrojárna (rozměry 11m x 54m x 4m, jeřáb 1t)
- Dílna brusek (rozměry 11m x 4,8m x 4m, jeřáb 250 kg)
- Dílna frézek (rozměry 11m x 11m x 4m, otočný jeřáb 700kg)
- Dílna drátovek (rozměry 11m x 6m x 4m)
- Dílna montáží (rozměry 12m x 5m x 4m, jeřáb 1t)

#### ➤ Energetické možnosti:

- Použitelný elektrický příkon firmy je 2000 kW, 22/0.4 kV
- Použitelný příkon zemního plynu je 4MW
- Instalovaný výkon kompresorů  $5.3\text{ m}^3/\text{min}$ , 10 bar

#### ➤ Technické plyny:

- Kapalný dusík  $\text{N}_2$  ( $4.3\text{m}^3$ )
- Plynný dusík  $\text{N}_2$  (samostatný výrobník)
- Kapalný kyslík  $\text{O}_2$  ( $9.1\text{m}^3$ )
- Metanol (200 l)
- Propan – butan  $\text{C}_3\text{H}_8 + \text{C}_4\text{H}_{10}$  ( $4.8\text{m}^3$ )
- $\text{CO}_2$  (500 l)
- Krystal (300 l)
- Amoniak (600 l)
- Acetylén  $\text{C}_2\text{H}_2$  (200 l)
- Kysličník uhličitý  $\text{CO}_2$  (600 l)

#### ➤ Voda:

- Pitná voda ( $25\,000\text{ m}^3/\text{rok}$ )
- Užitková voda (vlastní studna)
- Čištění odpadové vody (městská čistírna ČOV, mimo areál)

➤ Ubytovací možnosti

- Ubytování firmy -12 míst vzdálené 100 od společnosti
- Hotel – cca 50 míst, 2km ve městě

## 1.2 Důvody volby práce

Hlavním cílem v rozhodování o volbě mé bakalářské práce bylo najít firmu, která by byla v blízkosti mého bydliště a zároveň by měla zajímavou nabídku začlenění mé osoby do výroby. Samozřejmě že ochota a spolupráce byla také podmínkou. Vše splnila až firma Slovácké strojírny a.s., kde jsem se dočkal pozitivního přijetí ve vedení pro tvorbu mé bakalářské práce. Dohodl jsem se s pracovníky firmy na optimalizaci výroby závitů na frame my9 machined.

## 2 Výroba závitů

Principem výroby závitu je vytváření šroubovitě drážky na základním válcovém tělese šroubu – dříku. Drážky můžeme vytvářet obráběním (odstraňováním materiálu ze závitové drážky) nebo tvářením (vytlačováním materiálu ze závitové drážky)[1].

### 2.1 Rozdělení závitů

#### 2.1.1 Princip rozdělení závitů

Závity jsou konstrukčně technologické prvky součástí. Ve strojírenství jsou závity používány jako důležité spojovací nebo pohybové elementy výrobků. Přesnost a kvalita má vliv na správnou funkci a spolehlivost. Výrobu závitů je možno rozdělit na [2]:

- lití a lisování v plastickém tvaru, což je proces uplatňovaný při lisování termoplastů a termosetů.
- obrábění (nejrozšířenější způsob výroby závitů)
- tvářením (použitelné u tvárných materiálů)

Náplní této kapitoly je popis závitových nástrojů a metod, kterými jde vyrobit vnější i vnitřní závit, tj. drážku předepsaného profilu probíhající ve šroubovici na válcové nebo kuželové ploše. Cílem je zaměřit se na výrobu závitů těmito způsoby [2]:

- řezáním (strojně i ručně),
- soustružením,
- frézováním,
- broušením (přesněji i lapováním),
- tvářením.

### 2.1.2 Druhy závitů

Závity patří do skupiny rozebíratelných spojů a rozdělují se na:

- Metrický závit

je vždy jednoduchý a samosvorný. Používá se pro spojování součástí, tedy pro spojovací šrouby

- s hrubou roztečí – značí se Md (M 10) s vrcholovým úhlem  $60^\circ$
- s jemnou roztečí – značí se Md x P (M 10 x 1) s vrcholovým úhlem  $60^\circ$

- Palcový závit

- Whitworthův – značí se Wd (W 3/4) s vrcholový úhlem  $55^\circ$  je podobný metrickému závit, ale má jiný vrcholový úhel. Závit se užívá pro spojovací součásti v cizích zemích. U nás ho už prakticky nevyužíváme, jen při opravách nebo výrobě náhradních dílů dovezených strojů

- Trubkový válcový – značí se Gd (G 3/4) s vrcholovým úhlem  $55^\circ$

Je tvarově shodný s Whitworthovým závit, má však jemnější rozteč. Používáme ho pro mechanické spojování trubek, ventilů apod.

- Trubkový kuželový – značí se KGd (KG 1) s vrcholovým úhlem  $55^\circ$

Vnější trubkový závit je kuželový bez vrcholové vůle a kovově těsní.

➤ Lichoběžníkový závit

- rovnoramenný – značí se Tr dxP (Tr 40x6) s vrcholovým úhlem  $30^\circ$

Snadno se vyrábí. Používá se pro pohybové šrouby, protože má poměrně malé tření v závitech. Lichoběžníkový závit máme jednochodý, nebo vícechodý.

- nerovnoramenný – značí se S dxP (S 40x6) s vrcholovým úhlem  $30^\circ$

Používáme pro pohybové šrouby, u kterých přenášená osová síla působí pouze v jednom směru.

➤ Oblý závit

Značí se Rd d (Rd 40) s vrcholovým úhlem  $30^\circ$

Závit používáme pro pohybové šrouby a spoje často povolované, které jsou vystavené znečištěnému, prašnému prostředí, kde je nebezpečí, že by se ostré hrany jiných závitů mohly poškodit. Výrobně je velmi nákladný.

**Složení závitů:**

- Šroubovice – čára, kterou opíše při rovnoměrném pohybu po rovinné křivce (přímce), při jejím současném otáčení kolem osy ležící v její rovině.
- Závit – žebrování s povrchem vytvořeným částmi sousých šroubových ploch v rozmezí jedné otáčky, někdy v rozpětí několika otáček ve stanovené délce, např. šroubu se závitem k hlavě.
- Stoupání závitu – vzdálenost počátečního a koncového bodu jednoho závitu šroubovice
- Rozteč závitu – je to vzdálenost dvou sousedních vrcholů. U jednochodého platí že  $S=t$  a u dvouchodého  $S=2t$
- Profil závitu – obrys osového řezu závitu, tedy tvořící čára závitové plochy. Závity jsou normalizované. Všechny je nalezneme v tabulkách.

## 2.2 Řezání závitů

### 2.2.1 Řezání vnitřních závitů

Pro strojní i ruční řezání vnitřních závitů se používají tzn. závitníky (Obr. 2.2.1.). Závitník je stopkový nástroj, který vykonává při práci šroubový pohyb podle řezaného závitu. Tvarem se závitník podobá šroubu. Má dvě části, stopku a činnou (závitovou) část. Závitník řeže postupně závit řeznou kuželovou částí, která je na začátku jeho závitové části. Závitová válcová část závitník vede. Závitníky jsou vyráběny z rychlořezné oceli nebo slinutých karbidů, a to povlakované i nepovlakované. Výběr vhodného závitníku závisí na vlastnostech obráběného materiálu [2].



Obr. 2.2.1



Obr. 2.2.2

#### **Ruční závitování [2]:**

Při ručním řezání závitu se používá sady dvou nebo tří závitníků, tzv. sadové závitníky. Dva závitníky se používají pro řezání jemných závitů. První z nich závit předřeže, druhý řeže a třetí dořezává a kalibruje. Závitníky v pořadí první, druhý, třetí odeberou 60, 30 a 10 % materiálu. Upínají se do vratidel různé konstrukce (Obr. 2.2.2)

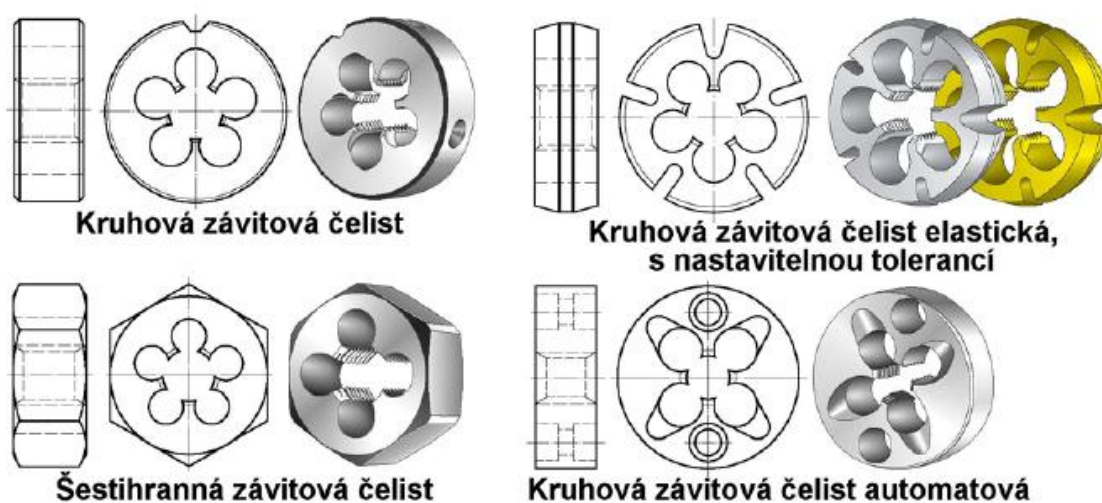


**Strojní závitování [2]:**

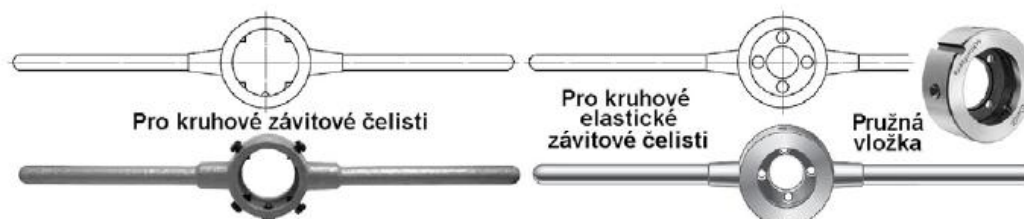
Používá se obvykle jeden závitník s krátkým řezným kuželem s přímými, nebo šroubovitými drážkami, které lépe odvádějí třísku z místa řezu. Do velikosti závitu M60 se používají se stopkou, pro větší průměry jsou nástrčné. Upínají se do závitových hlav, které umožňují osové vyrovnání.

**2.2.2 Řezání vnějších závitů**

Pro ruční i strojní řezání vnějších závitů se používají různé druhy dělených a nedělených závitových čelistí. Závitová čelist je matice, která má v tělese vyvrtané drážky, vytvářející řezný klín a odvádějící třísky. Vyrábí se převážně z nástrojové legované nebo rychlořezné oceli a to s povlaky i bez nich. Při řezání se čelisti otáčejí kolem osy (hlavní pohyb) a podle stoupání řezaného závitu (vedlejší pohyb) se ve směru osy posouvají. Postupným odebíráním třísky se pak vytváří povrch závitu předepsaného profilu a rozměru [2].



Obr. 2.2.3



Obr. 2.2.4

### **Ruční závitování [2]:**

Závitové čelisti (Obr. 2.2.3), jsou několikabřité nástroje, které se podobají kruhovým maticím a jsou upínány do vratidel (Obr. 2.2.4). Na válcovém obvodu má otvory pro upevnění ve vratidle. V drážce může být čelist rozříznuta, aby se mohla seřizovat. Má několik mezizubních mezer, které vytvářejí zuby. Řeznou – kuželovou částí, která je na začátku závitu, čelist řeže. Ostatní (válcová) závitová čelist ve vyříznutém závitu vede. Kruhovú čelist řeže celý závit na jeden průchod. Čelisti jsou celistvé, rozříznuté, popřípadě dělené.

### **Strojní závitování [2]:**

Pro strojní řezání závitů na soustruzích se využívá strojních automatových závitových čelistí nebo produktivní závitové hlavy.

Radiální čelisti se ustavují na požadovaný průměr stavěcími šrouby a natáčecí objímkou podle kalibru nebo vzorového šroubu.

Tangenciální čelisti jsou uloženy ve výkyvném držáku a posuvně upnuty v rybinové drážce. Kotoučové nože mají menší průměr než předchozí dva typy. Jsou výrobně jednoduché a vykazují dlouhou životnost, a to z důvodu vysokého počtu přestřžení.

Nože závitových hlav jsou hřebínkové (břit je vytvořen řadou za sebou umístěných závitových profilů). Čelisti hlavy se po vyříznutí požadované délky závitu automaticky rozevrou. Před začátkem řezání je nutno zajistit, zda materiál a hlava jsou v jedné ose, aby nedošlo k vyštípnutí čelisti, a tím ke znehodnocení celé sady. Ze stejného důvodu se doporučuje osoustružit na materiálu kuželové sražení. Přesnost závitu je závislá na počátečním tlaku čelisti na materiál. Proto je nutno zajíždět čelistmi do záběru zvolna. Třisky vzniklé řezáním nesmějí ucpávat čelisti a vnikat do hlavy. Tomu lze zabránit přiváděním procesní kapaliny otvorem v hlavě. Závitové hlavy se používají pro řezání závitů na hrotových soustruzích, revolverových a automatických soustruzích, dále také na speciálních závitořezných strojích.

## 2.3 Výroba závitů obráběním

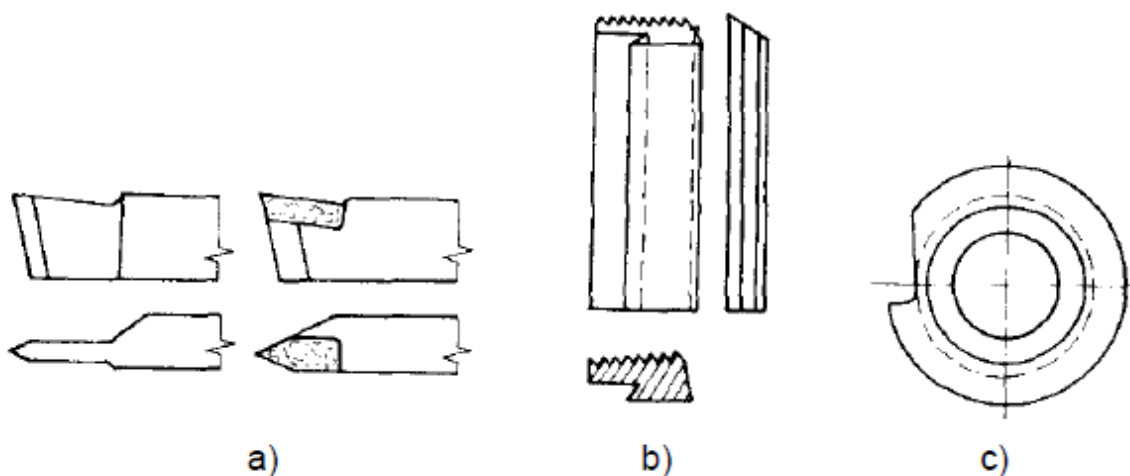
Ve strojírenské praxi se převážná většina závitů zhotovuje klasickým způsobem, tj. třískovým obráběním. Při tomto způsobu výroby závitů se uplatňují řezné závitníky, které postupným odřezáváním třísek vytvoří závit požadovaného profilu a rozměru [2].

### 2.3.1 Soustružení závitů

Řezání závitů na soustruhu je způsob obrábění, při němž se postupným ubíráním třísky vytvoří závit (metrický, lichoběžníkový nebo jiného spec. Tvaru) na válcové nebo kuželové ploše. Závity se soustruží na univerzálních, revolverových, poloautomatických a automatických soustruzích. Při řezání závitů se obrobek otáčí řeznou rychlostí, která závisí na materiálu obrobku i nástroji. Závitový nůž se posouvá ve směru osy obrobku o jedno stoupání na otáčku. Základní výhodou soustružení závitů je jednoduchý a levný nástroj [2].

#### Soustružnické nože:

Nože bývají celistvé, vyrobené z rychlořezné oceli nebo s připájenou destičkou, popř. s VBD mechanicky upnutou. Umožňují výrobu levých i pravých závitů. Závitové nože jsou buď jednoprofilové (radiální nebo kotoučové) nebo hřebenové (víceprofilové prizmatické nebo kotoučové). Jednoprofilovým se řeže závit postupně na několik záběrů, u hřebínkových nožů jsou první profily zkoseny, takže umožňují vyřezat závit na jeden záběr [2].

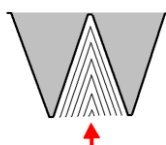


Obr. 2.3.1 – Závitové nože a) plochý, b) prizmatický c) kotoučový

Způsoby postupného soustružení závitů závitovým nožem jsou následující:

➤ **radiálním přísuvem** (obr. 2.5.2)

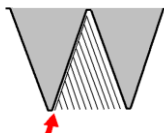
který je prováděn kolmo na osu rotace. Dochází k rovnoměrnému úběru obráběného materiálu na obou bocích závitu a tím k Rovno- měrnému opotřebení po obou bocích závitorezného nástroje. Tento způsob je vhodný pro výrobu závitů s menším stoupáním do 3 mm u obrobků z litiny a z ocelí náchylných ke zpevňování za studena, jako jsou zejména austenitické nerezavějící oceli. Nevýhodou je náchylnost ke kmitání u větších stoupání. Jedná se o nejčastěji používaný způsob



Obr. 2.3.2

➤ **bočním přísuvem** (obr. 2.5.3)

se snižuje tepelné zatížení špičky a tím i opotřebení nástroje. Tříska je dobře tvarována a odváděna z místa řezu. Používá se pro řezání závitů s větším stoupáním a u trapézových závitů. Nevýhodou je tření na pravém břitu nástroje, nepravidelné opotřebení a horší jakost na pravé straně závitu.



Obr. 2.3.3

➤ **bočním přísuvem s odklonem** (obr. 2.5.4)

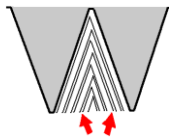
3° až 5° se eliminuje tření na boku profilu. Upřednostňuje se při stoupáních nad 3 mm a při řezání lichoběžníkových závitů.



Obr. 2.3.4

➤ **střídavým přísuvem** (obr. 2.5.5)

který se doporučuje u velmi velkých stoupání a materiálu se špatně se utvářející třískou. Výhodou je rozložení úběru materiálu opotřebení, nevýhodou náročnost na programování strojů.



Obr. 2.3.5

### 2.3.2 Broušení závitů [2]

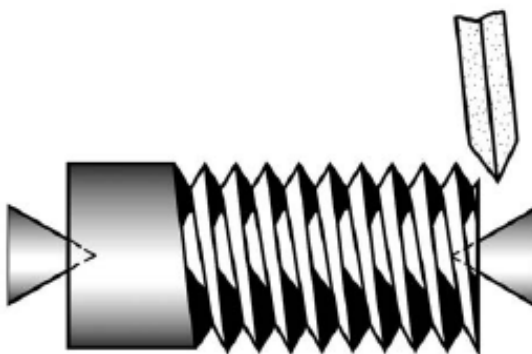
Broušení závitů se používá při výrobě přesných šroubů, u kterých je kladen důraz na drsnost, profil a stoupání závitů. Obvykle se brousí závity pohybových šroubů, měřicích šroubů a závitořezných nástrojů. Podle požadované přesnosti závitu a tvaru použitého brousícího kotouče se používají dva základní způsoby.

➤ **Jednoduchým tvarovým kotoučem** (obr. 2. 2. 10)

Jednoprofilový kotouč je při broušení vykloněn o úhel stoupání závitu a nastaven na:

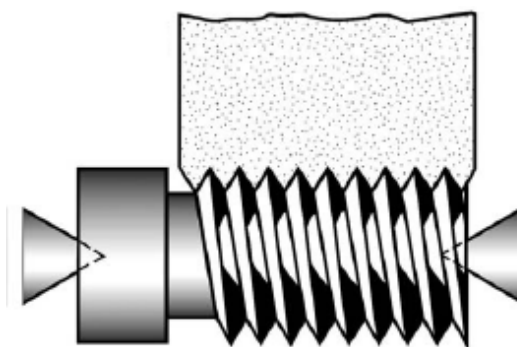
plnou hloubku závitu. Obrobek se otáčí rychlostí 1 až 4 m.min<sup>-1</sup> a posouvá se v axiálním

směru o délku stoupání závitu na jednu otáčku. Dosahuje se tak nejvyšší přesnosti, ale při malé produktivitě.



➤ **Hřebenovým kotoučem** (obr. 2. 2. 11)

Kotouč zabírá třísku radiálně tak, že se všechny závity vyrobí najednou zapichovacím způsobem. Kotouč má na obvodě radiální drážky profilu a rozteče broušeného závitu. Někdy se brousí závity do plného materiálu bez předchozího předřezání, hlavně u závitů s menším stoupáním, u tepelně zpracovaných šroubů, závitníků a závitových kalibrů. Hřebenový kotouč má na svém obvodu několik negativních profilů závitu. Je nastaven rovnoběžně s osou obrobku a postupně se axiálně posouvá k obrobku až k dosažení plné hloubky závitu. Obrobek se přitom otáčí a posouvá. Závity se stoupáním menším než 1mm se dají brousit bez předchozího obrábění. [2].



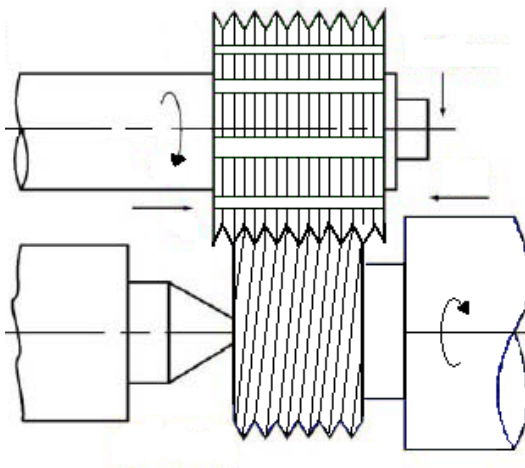
### 2.3.3 Frézování závitů [2]

Pro frézování závitů se používají tyto druhy frézovacích nástrojů:

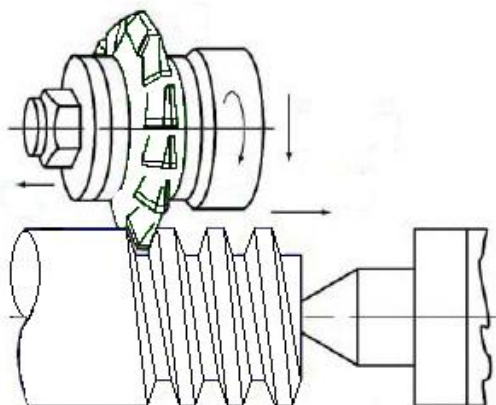
- kotoučové závitové frézy,
- hřebenové válcové závitové frézy,
- stopkové závitové frézy.

**Hřebenové válcové frézy (obr. 2.3.6)**

Jsou určeny pro výrobu krátkých závitů. Fréza se otáčí řeznou rychlostí, obrobek se otáčí a posouvá ve směru své osy o jedno stoupání za otáčku. Vyrábějí se buď stopkové, nebo nástrčné

*Obr. 2.2.6***Závitové kotoučové frézy (obr. 2.2.7)**

Uplatňují se hlavně u lichoběžníkových závitů. Provádí se jimi jen hrubování, protože fréza částečně deformuje profil závitů. Fréza je upnuta pod úhlem stoupání šroubovice závitů, takže její břity zaujímají polohu kolmou na šroubovici. V důsledku toho boky závitů nejsou přímkové, ale zaoblené.

*Obr. 2.2.7*

### Okružní frézování závitů

Uplatňuje se jako nejproduktivnější metoda při výrobě dlouhých závitů velkých stoupání. Je založeno na otáčení závitové hlavy kolem její osy a kolem osy řezaného závitu.

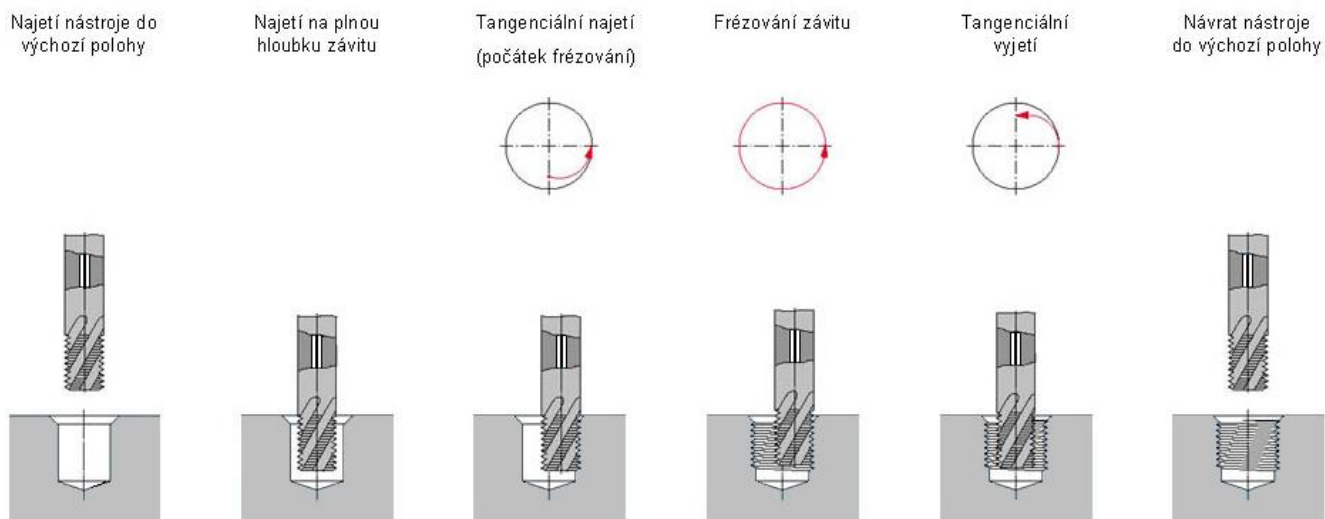
#### Speciální metody frézování:

##### - Metoda BGF

Tento nástroj umožňuje ekonomickou výrobu závitu, protože slučuje do jedné operace vrtání, sražení hrany a frézování závitu. Postupuje se tak, že se nejdříve odvrtá střed, potom následuje frézování sražení zároveň s najetím na konečnou hloubku vrtání závitu. Nakonec následuje vyfrézování závitu kruhovou interpolací (obr. 2.2.8), při níž se nástroj posune v axiálním směru o jedno stoupání zpět.

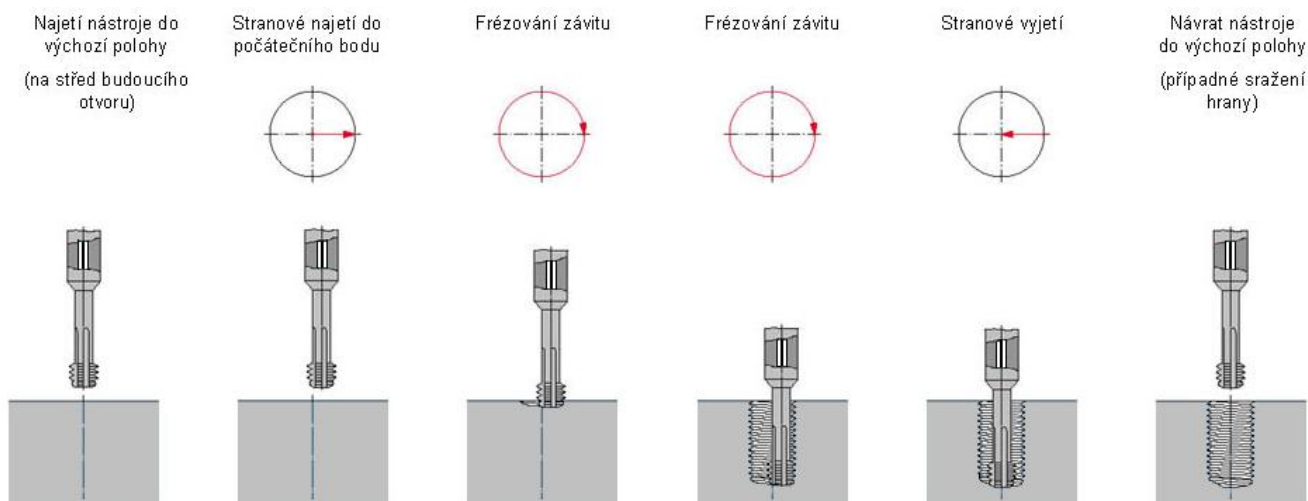
##### - Metoda ZBGF

Umožňuje na rozdíl od metody BGF také obrobení závitu u předlitého otvoru (obr. 2.2.9). Tak mohou být jedním nástrojem obrobena různé předlité otvory i průměry závitu se stejným stoupáním. Mají vnitřní přívod řezné kapaliny a jsou vyráběny v provedení se třemi nebo čtyřmi přímými nebo šroubovitými drážkami [2].



Obr. 2.2.8





Obr. 2.2.9

## 2.4 Výroba závitů tvářením

Tváření závitů se řadí mezi nejproduktivnější výrobní technologie. Výrobní časy jsou podstatně kratší. Předností tohoto způsobu je, že odpadá odstraňování třísek po vyříznutí závitu. Jakost a mechanické vlastnosti závitu jsou lepší než u závitu řezaného.

Tvářený závit má výhodnější průběh vláken, která sledují tvar závitu. Neporušená vláknitost materiálu vede ke zvýšení pevnosti v tahu, ohybu a ke zvýšení odolnosti proti únavě materiálu. Tlakem při tváření se zhutní povrch závitu, a tím se zvýší jeho odolnost proti otěru. Povrch závitu je hladký. K tváření závitů na běžných obráběcích strojích se použijí závitové válcovací hlavy a závitové válcovací kruhové čelisti na vnější závity a tvářecí závitníky na vnitřní závity.

Tváření závitů se používá především v hromadné výrobě. Závity jsou vytvářeny v předvrtaných otvorech bez oddělování třísek. To má velký význam především v neprůchozích otvorech a všude tam, kde nejsou optimální podmínky pro dobrý odchod třísek. Proces tváření vyžaduje vyšší řezné rychlosti, což pochopitelně vede ke zvýšení produktivity dosahované v tomto procesu [1].

### **2.4.1 Výroba vnitřních závitů [3]**

Základním předpokladem pro použití metody tváření vnitřních závitů jsou mechanické vlastnosti obráběného materiálu, a to zejména jeho dobrá tvárnost za studena a tažnost nejméně 10 %. Nejvhodnějšími materiály pro tváření závitů jsou zejména slitiny hliníku, měkké mosazi a oceli s pevností do 500 MPa. Nedoporučuje se tváření pro průměry větší než 30 mm a stoupání závitu nad 3 mm.

#### **Proces tváření závitu**

Při tváření závitu se zoubky na náběhu tvářecího závitníku postupně vtlačují do obráběného materiálu, který vznikajícím teplem při tváření měkne a zatéká mezi zoubky profilu tvářecího závitníku. Neúplně utvářené vrcholy závitového profilu jsou typickým znakem tvářeného závitu, ale nemají žádný vliv na pevnost závitu, neboť pevnost, funkce a přesnost závitového spojení jsou založeny na bocích závitového profilu a jeho nosné hloubce.

#### **Správná velikost předvrtaného otvoru**

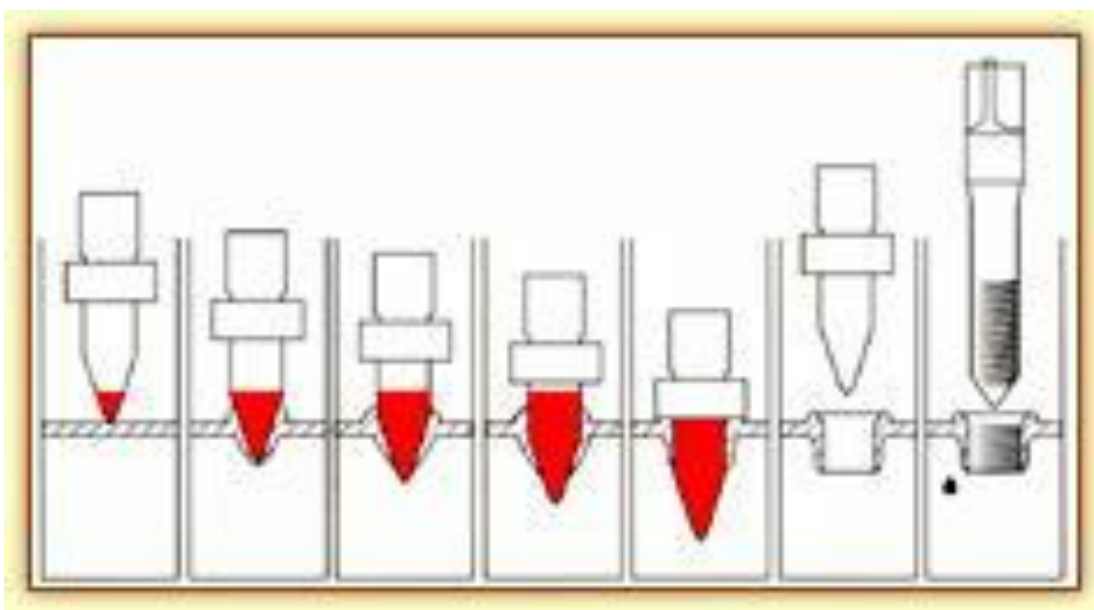
Všeobecně platí, že předvrtaný otvor pro tváření je větší a velikost jeho tolerance musí být podstatně přesnější než pro klasický způsob výroby závitu. Přesnost vyvrtaného otvoru se pohybuje od 0,05 mm do M8 a 0,1 mm nad M8.

#### **Technologie tváření vnitřních závitů**

Pro dosažení úspěšného průběhu tváření vnitřních závitů je nutné vytvořit určité podmínky. Prvním důležitým krokem je výběr a příprava výrobního zařízení. Zde může být použito běžné závitovací zařízení vybavené upínači, do kterých lze tvářecí závitníky bezpečně upnout. Bude-li tváření prováděno do neprůchozích otvorů (obr. 2.4.1, je vhodné použití momentové závitořezné hlavy. Dalším významným bodem je příprava otvoru. Část materiálu se během tváření axiálně vytlačí, a to v náběhové části před otvor a při výběhu závitníku za otvor. Zde je nutné pamatovat na sražení obou hran otvoru a zařadit tuto operaci před operaci tváření závitů, aby nevystal problém s vytlačeným materiálem na čelech otvoru. Při tváření vznikají několikanásobně větší odpory a

krouticí momenty než při řezání závitu a současně vzniká velké tření mezi nástrojem a obrobkem. Proto je nutné použití vhodného řezného oleje aplikovaného během procesu.

Bezproblémové použití tvářecích závitníků je ve značné míře závislé na vlastnostech mazacího prostředku. Významným činitelem ovlivňujícím proces tváření je závitovací rychlost nástroje. Obecně platí, že rychlost závitování by neměla klesnout ve vztahu k obráběnému materiálu pod  $10 - 15 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ . Tento údaj platí pro tváření ocelí. U neželezných kovů s nižší tažností by pak řezná rychlost neměla klesnout pod  $20 \text{ m/min}$ . Zvyšováním řezné rychlosti v procesu tváření klesá krouticí moment namáhající nástroj.



Obr. 2.4.1

### Konstrukce tvářecího závitníku

V porovnání s řezacím závitníkem má tvářecí závitník s ohledem na způsob práce odlišnou konstrukci. Zcela chybí podélné drážky, které u řzacího závitníku tvoří čela břitů. Přední část tvářecího závitníku je tvořena náběhovým tvářecím kuželem, za kterým následuje kalibrační část. Náběhový tvářecí kužel je pracovní částí nástroje, neboť tato část přemísťuje materiál. Kalibrační část nástroje kalibruje vytvářený závit. Průřez tvářecího závitníku má tvar mnohoúhelníku, nejčastěji se třemi, čtyřmi nebo pěti zaoblenými vrcholy. Tento tvar umožňuje pronikání řezného oleje k pracovní části závitníku. Některé závitníky jsou opatřeny úzkými a mělkými drážkami pro dokonalejší přívod řezného oleje. Tyto drážky rovněž umožňují únik vzduchu a oleje z tvářeného

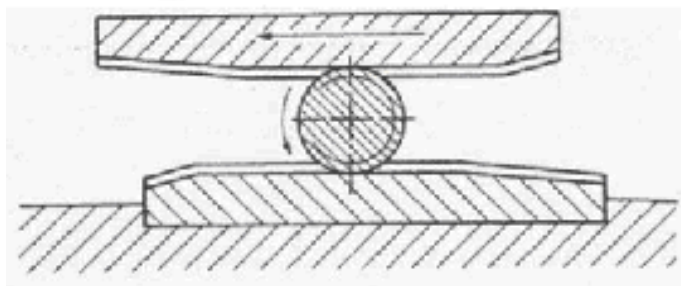
otvoru, aby bylo možné se vyhnout pístovému efektu ve dně neprůchozího otvoru. Správná konstrukce tvaru příčného profilu tvářecího závitníku ovlivňuje velikost tvářecí síly a tím i velikost potřebného krouticího momentu.

### 2.4.2 Výroba vnějších závitů

Výroba závitu se provádí válcováním za studena. Podstata spočívá ve vytlačování závitu pomocí plochých nebo kotoučových čelistí, které mají tvar profilu závitu. Protože při vnikání válcovacích čelistí do materiálu se zvětšuje jeho výchozí průměr, je třeba volit výchozí průměr menší, než je požadovaný vnější průměr závitu. Tvářené závity mají vyšší únosnost, nežli závity vyráběné obráběním, nedochází k porušení vláknité textury a při tváření za studena dochází ke zlepšení mechanických vlastností v důsledku zpevňování [2].

#### Válcování plochými válcovacími čelistmi [2]

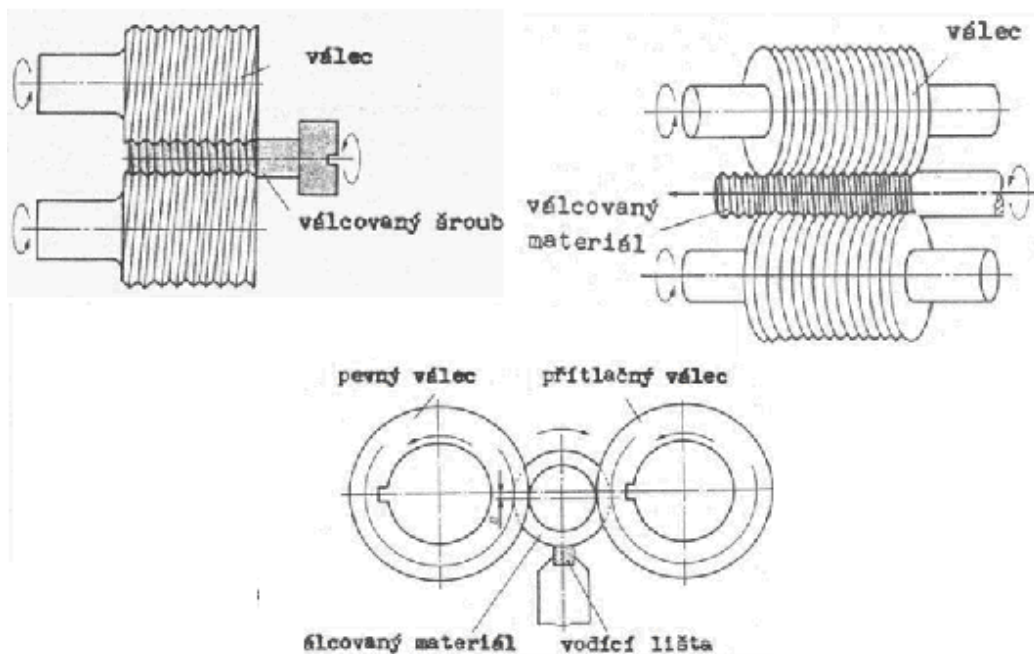
Válcování závitů (obr. 2.4.3) se provádí plochými válcovacími čelistmi zejména pro výrobu šroubů. Na povrchu mají vytvořeny drážky s negativním profilem závitu (pro každou rozteč závitů je zvláštní pár čelistí) a na náběžné hraně zkosení pro usnadnění vniknutí válcovaného díku. Při každém pohybu čelisti je vyválcován závit na jednom díku, který přitom vykoná asi dvě otáčky.



Obr. 2.4.3

**Kotoučové válcovací čelisti (obr. 2.4.4)**

Funkční část těchto kotoučů tvoří vícechodý závit s negativním tvarem profilu válcovaného závitu. Závit se válcuje radiálním způsobem, oba kotouče jsou hnané, otáčejí se ve stejném smyslu a při válcování se přibližují [1].



Obr. 2.4.4

### 3 Návrh technologie výroby závitů na nerotačních součástech

#### 3.1 Cíl návrhu nové technologie

Cílem návrhu technologie je navrhnout optimální technologii závitů od M4 do M16 na nerotační součásti typu FRAME s dosažením minimalizace strojních časů na kapacitně přetížených CNC horizontálních centrech, dále maximální zvýšení produktivity za minimálních investic a vše s využitím stávajících technologií podniku SUB a.s.

Návrh řešení budeme posuzovat z hlediska:

- úspory strojních časů
- nákladů a mezního počtu kusů
- požadování přesnosti závitů

### **3.2 Současný stav a analýza výroby ve firmě Slováké strojírny a.s. - provozovna Zábřeh**

#### **3.2.1 Obráběný materiál**

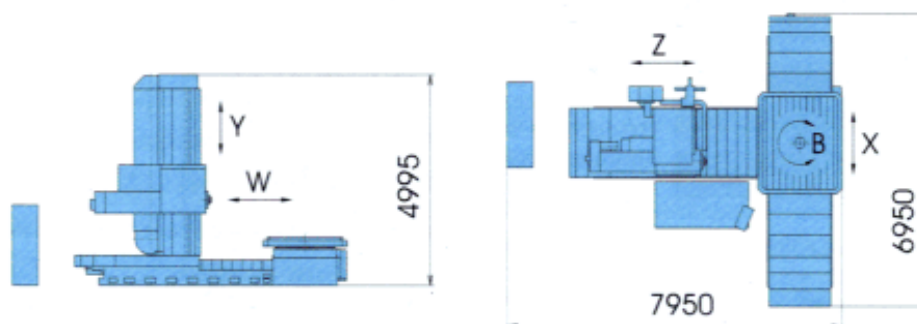
##### **Ocel 11 343**

- Použití:  
Svařované součásti – potrubí, oplechování apod. Různé drobné svařované a tvářené součásti
- Chemické složení:  
C – max. 0,16%  
P – 0,045%  
S – max. 0,045%  
N – max. 0,007%
- Mechanické vlastnosti:  
Mez kluzu  $R_e$  – 185 Mpa  
Mez pevnosti  $R_m$  – 310-440 Mpa
- Technologické údaje:  
Normalizační žíhání – 900-930 °C  
Třída tvařitelnosti – 1  
Teplota tváření – 150-850°C  
Obrobitelnost – 16b (soustružení, hoblování), 15b (frézování, vrtání)

#### **3.2.2 Používané stroje firmy Slováké strojírny a.s**

##### **Horizontální obráběcí centrum WHN(Q) 13 CNC**

Je souvisle řízený stolový frézovací a vyvrtávací stroj moderní konstrukce, ideální pro výkonné kompletní obrábění větších obrobků do 12 tun. Stroj má vysoký řezný výkon a široké technologické využití. Vyvrtávačka WHN(Q) 13 CNC má pokrokové technické řešení, vysoké parametry a univerzální technologické schopnosti, dále je stroj vybaven digitálně řízenými AC servopohony SIEMENS. Je souvisle řízen systémy HEIDENHAIN iTNC 530 nebo SINUMERIK 840D nebo FANUC.

Rozměry:Technické parametry:

Průměr pracovního vřetena	130	Mm
Upínací kužel nástroje	ISO 50, DIN 69871	
Stopka nástroje	DIN 69872	
Otáčky vřetena	10-1800	Ot. /min.
Výkon hlavního motoru	37	kW
Příčný pojezd stolu X	2000	Mm
Podélný pojezd stolu Z	1250	Mm
Svislý pojezd vřeteníku	2000	Mm
Výsuv vřetena W	800	Mm
Upínací plocha stolu	1600 x 1800	Mm
Šířka upínacích drážek	24H8	
Nosnost stolu	12000	Kg
Pracovní posuvy X,Y,Z,W - ruční režim	4-500	mm/min
Pracovní posuvy X,Y,Z - automatický režim	4-6500	mm/min
Pracovní posuv W - automatický režim	4-4500	mm/min
Rychloposuv X,Y,Z	6500	mm/min
Rychloposuv W	4500	mm/min
Rychloposuv otáčení stolu	1,5	Ot. /min.

Jmenovitý moment posuvových motorů X,Y,Z	38	Nm
Jmenovitý moment posuvových motorů B	28	Nm
Jmenovité otáčky posuvových motorů	3000	Ot. /min
Instalovaný příkon	80	kVA
Hmotnost stroje	34000 - 40000	Kg
Zástavbový prostor včetně CE - orientační	max. 9000x9000	mm x mm

#### Vybavení a příslušenství:

#### CHOV 13

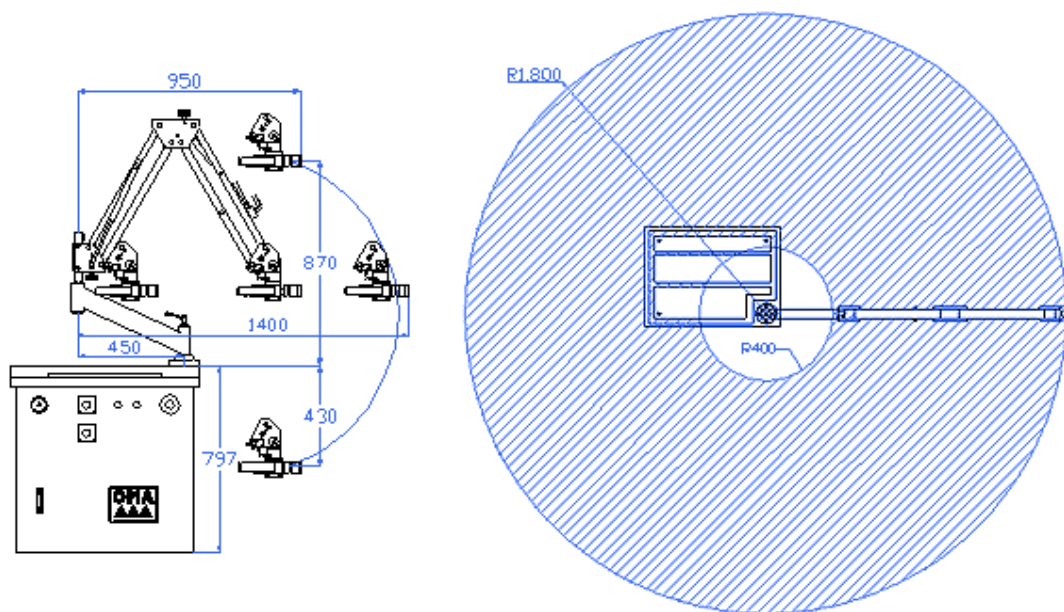
Je to zařízení, které slouží k chlazení nástrojů osou pracovního vřetene stroje. Jmenovitým tlakem čerpadla s možností regulace v rozsahu 4 – 10 bar. A výkonem čerpadla 30l/min. je možno zajistit vydatné chlazení a výplach při obrábění výkonnými nástroji

- Nástrojová TS120 a měřicí TS220 sonda
- Vodící podpěra vřetene dlouhá PDV 13-550
- Vynášecí dopravník třísek
- Automatický výměník nástrojů s řetězovým zásobníkem pro 60 úložných míst

#### **Hydraulický závitořez RHRM 30**

Závitování na tomto stroji je vykonáváno vertikálně. Součástí stroje je hydraulické zařízení s plynulou regulací otáček a dvěma otáčkovými řadami, které jsou na sebe nezávislé a umožňují pravý a levý chod. Dále je stroj vybaven rychloupínacím zařízením značky Blitz



Rozměry:Technické parametry:

Otáčky motoru (1. stupeň)	0-140	ot/min
Otáčky motoru (2. stupeň)	0-500	ot/min
Max. krouticí moment (1. stupeň)	85	Nm
Max. krouticí moment (1. stupeň)	255	Nm
Příkon elektromotoru	3 (pro digitální 4)	kW
Průměr Rychloupínacího sklíčidla	31	Mm
Pracovní rozsah	400-1800	Mm
váha	290	Kg
Rozměr pracovního stolu	800x600	Mm
Rozměr bočního stolu	600x360	Mm

Vybavení a příslušenství:

hydraulická jednotka zabudovaná ve stole, hydraulický motor s rychloupínacím sklíčidlem, vícepohodová hlava, dva nezávislé regulátory otáček, paralelní rameno, pevný držák ramene, systém mazání závitu, automatický doraz závitované hloubky, magnetický držák ramene, momentové hlavičky pro závitníky, digitální otáčkoměr, chlazení závitníku, sada pojezdových kol

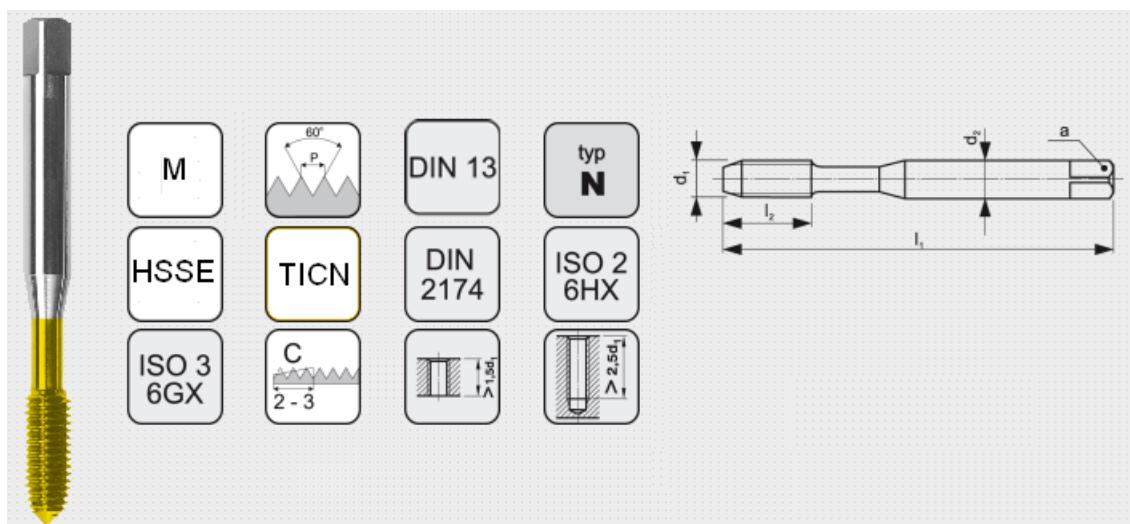
- momentové hlavičky pro závitníky: M4, M5, M6, M8, M10, M12, M16, M18, M20, M22, M24, M27
- redukce pro hlavičky
- seřizovací kleště pro hlavičky

### 3.2.3 Používané nástroje firmy Slovácké strojírny a.s.

#### Přehled používaných tvářecích závitníků:

Tvářecí nástroje pro firmu Slovácké strojírny a.s. dodává firma Grumant s.r.o., která je progresivní společností na trhu obráběcích nástrojů. Grumant s.r.o. nenabízí jen samotné nástroje, ale především technologická řešení a plnou podporu celého cyklu obrábění. Grumant s.r.o. dodává závitníky od Japonského výrobce Yamawa.

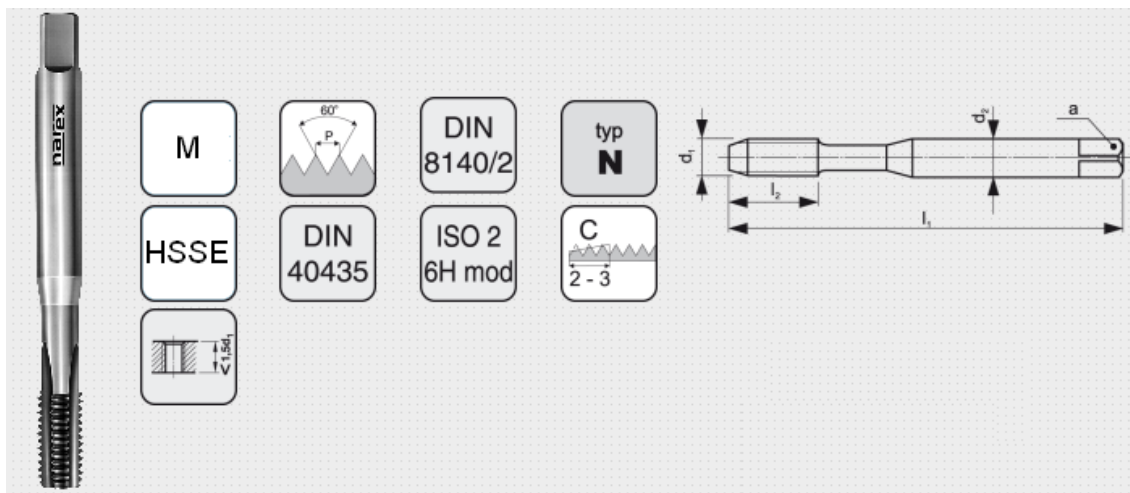
d1	TYP	L1	L2	d2	a	Cena (Kč)
<b>M4</b>	M1356TC040	63	13	4,5	3,4	736,24
<b>M6</b>	M1356TC060	80	19	6	4,9	824,77
<b>M8</b>	M1356TC080	90	22	8	6,2	1014,64
<b>M16</b>	M1356TC160	125	28	9	7	2545,06



### Přehled používaných strojních závitníků:

Strojní závitníky pro firmu Slovácké strojírny a.s. dodává společnost NAREX Ždánice, spol. s r.o. která je specializována zejména na výrobu závitníků z výkonných a vysoce výkonných rychlořezných ocelí.

d1	TYP (ČSN)	L1	L2	d2	a	Cena (Kč)
M3	223043	63	11	4,5	3,4	99,39
M4	223043	70	12	6	4,9	102,17
M5	223043	80	13	6	4,9	111,31
M6	223043	90	15	8	6,2	139,86
M8	223043	100	18	10	8	114,10
M10	223043	100	20	10	8	241,31
M12	223043	110	23	11	9	175
M14	223043	110	25	12	9	305,10
M16	223043	125	25	14	11	323,88
M18	223043	140	30	18	14,5	421,60
M20	223043	160	30	18	14,5	593,88



### 3.3 Současná výroba

#### 3.3.1 Obecná charakteristika vyráběné součásti

Součást typu FRAME je základním konstrukčním prvkem strojů Švédské firmy MYDATA. Firma kompletuje stroje MY9, MY12, MY15, MY19, MY100 a dodává je do celého světa.

Tyto stroje jsou nasazovány v technologických linkách, kde slouží k plně automatickému osazování a pájení elektronických komponentů na desky plošných spojů. Firma Slovacké strojírny a.s. – provozovna Zábřeh dodává firmě MYDATA kompletně smontované stroje mimo elektronickou a řídicí část. Roční objem v roce 2008 byl 240 strojů všech typů.



Součást je typickým představitelem konstrukčních součástí. Jedná se o sestavu s přesnou soustavou závitů. Součást obsahuje velký počet závitů různých druhů. Tomuto požadavku je nutno podřídít technologii obrábění.

### 3.3.2 Technologie výroby

Veškerá výroba závitů na součásti Frame MY9 Machined je tvořena řezáním závitů na horizontálním obráběcím centru WHN 13-TNC 426.

Druhy a počet závitů:

M4 - 6x

M6 - 173x

M8 - 44x

M16 – 2x

**Postup výroby:**

Název	Platí od:	Počet operací	Výkres
Frame MY9 machined	20. 2. 2007	3	G-041-0196B

Č. operace	pracoviště	TBC	TAC	Tarif
5	04831	300min	990min	5S
<p>Upínat na pomocné návarky  Frézovat návarky na boku na hl. 20;  Přepínat, úhlovat,  Frézovat návarek na spodní části na hl. 20;</p> <p>Upínat na pomocné kostky,  Frézovat desky na čelech na 77 a 1843;  2x zafrézovat oboustranně, 4x plošně S-50 a oboustranně plošku S-70  Zafrézovat 4x vybrání na pozici 2 na 12;  Vrtat 28x pro M6;  Přepínat,  Frézovat 2x plochy na pozici 16 a 17,  Bok pozice 2 na 741,</p>				

2x vybrání na 577 a 366, 2x plošku na pozici 6 na 40, Plošky na pozici 15 na 756 a hl. 2, úkos 30st; Plošku na 711, Navrtat-vrtat 12x Ø18, navrtat vrtat pro závity M6; Vrtat-stružit Ø8.06 H7 Přepínat, Z horní části vrtat 4x Ø18, vrtat-stružit 9x4 Ø8.06 H7; Vrtat pro závity M6; 11x vrtat-řezat pro M8, Otočit, ze zadní části zafrézovat plošky na S-45; 2x pozice 5 na 146; Vrtat-řezat závity 2x M16, M8, vrtat pro M4; 9x pro M6;8x pro M6 – zarovnat 8x Ø14, srazit hranu kontrola  Použité pomůcky: výstružník 8.06 H7, kalibr válečkový 8.06 H7, Etalonové měřidlo				
Č. operace	pracoviště	TBC	TAC	Tarif
10	09863	0min	0min	
Kontrola po opracování, Kontrolu provádět dle předpisu M087				
Č. operace	pracoviště	TBC	TAC	Tarif
15	09421	3min	268min	3S
Práce zámečnické-strojírna Řezat závit M6, Obrousit pomocné návarky Odjehlit a upravit po opracování Dle šablony z vnitřní strany vrtat 4x pro M6 a 2x pro M4, Řezat závity;  Konečná kontrola provedení				
<b>Σ =</b>		<b>303min</b>	<b>1258min</b>	

TAC – čas kusový (závislost daného času na jednotce zpracovávaného množství)

TBC – čas dávkový (čas přípravný - vyjadřuje spotřebu času přípravy a zakončení práce prováděné na jednom pracovišti, v jedné operaci a při jednom seřízení stroje).

### 3.4 Návrh racionalizace výroby

Vzhledem k tomu, že se ve strojovém parku firmy Slovácké strojírna a.s. nachází stroj, který je vhodný pro využití v nově navrhované technologii, nebude nutné kupovat stroj nový. Nebylo by to ani žádoucí, hlavně pak z hlediska finančního.

Konkrétním návrhem zlepšení je přesunutí části výroby z horizontálního obráběcího centra WHN 13-TNC 426 na hydraulický závitořez RHRM 30 a tím snížit výrobní čas součástí a zároveň ulehčit vytíženosti horizontálního obráběcího centra WHN(Q) 13 CNC.

Uvolněná kapacita bude využita k obrábění skříňových součástí pro firmu COLINET.

#### 3.4.1 Zlepšení technologie výroby

Veškeré práce na horizontálním obráběcím centru kromě řezání závitů jsou totožné s bývalým technologickým postupem. Dále se výroba přesouvá na hydraulický závitořez RHRM 30, kde se tvářením zhotoví jednotlivé závity

##### Postup výroby:

Název	Platí od:	Počet operací	Výkres
Frame MY9 machined		3	G-041-0196B

Č. operace	pracoviště	TBC	TAC	Tarif
5	04831	300min	540min	5S
Upínat na pomocné návarky Frézovat návarky na boku na hl. 20; Přepínat, úhlovat, Frézovat návarek na spodní části na hl. 20;				

Upínat na pomocné kostky,  
Frézovat desky na čelech na 77 a 1843;  
2x zafrézovat oboustranně, 4x plošně S-50 a oboustranně plošku S-70  
Zafrézovat 4x vybrání na pozici 2 na 12;  
Vrtat 28x pro M6;  
Přepínat,  
Frézovat 2x plochy na pozici 16 a 17,  
Bok pozice 2 na 741,  
2x vybrání na 577 a 366,  
2x plošku na pozici 6 na 40,  
Plošky na pozici 15 na 756 a hl. 2, úkos 30st;  
Plošku na 711,  
Navrtat-vrtat 12x Ø18, navrtat vrtat pro závity M6;  
Vrtat-stružit Ø8.06 H7  
Přepínat,  
Z horní části vrtat 4x Ø18, vrtat-stružit  
9x4 Ø8.06 H7;  
Vrtat pro závity M6;  
11x vrtat-řezat pro M8,  
Otočit, ze zadní části zafrézovat plošky na S-45;  
2x pozice 5 na 146;

Použité pomůcky: výstružník 8.06 H7, kalibr válečkový 8.06 H7, Etalonové měřidlo

Č. operace	pracoviště	TBC	TAC	Tarif
10	09863	0min	0min	

Kontrola po opracování,  
Kontrolu provádět dle předpisu M087

Č. operace	pracoviště	TBC	TAC	Tarif
15	09421	10min	410min	3S

Obrousit pomocné návarky  
Odjehlít a pečlivě upravit po opracování;  
Dle šablony z vnitřní strany vrtat 4x pro M6 a 2x pro M4;



Řezat závity: M4 - 4x+2x, M6 - 45x+14x+6x+16x+4x+14x+8x+11x+8x+2x+8x+28x+9x M8 - 18x+4x+16x+4x+2x M16 - 2x  Konečná kontrola provedení			
$\Sigma =$	<b>310min</b>	<b>950min</b>	

### 3.4.2 Návrh nových tvářecích nástrojů

Při návrhu nových tvářecích nástrojů jsem posuzoval nástroje od nejperspektivnějších výrobců a dodavatelů nástrojů a to firem:

- **Grumant**
- **Narex Žďárnice**
- **Emuge-Franken**
- **DC Swiss**
- **Hommel Hercules Werkzeughandel**

#### Srovnání cen:

Hlavním kritériem pro vybrání nejvhodnějšího nástroje je bezesporu cena. Níže jsou srovnány ceny tvářecích nástrojů jednotlivých firem.

<b>Firma</b>	<b>Cena M4</b>	<b>Cena M6</b>	<b>Cena M8</b>	<b>Cena M16</b>	<b>Cel. cena závitníků</b>
<b>Grumant</b>	762,05	824,77	1014,64	2545,06	<b>5 971,3</b>
<b>Narex Žďárnice</b>	790	880	946	2794	<b>6 290</b>
<b>Emuge-Franken</b>	783,5	986	1075	2712,4	<b>6 542,9</b>
<b>DC Swiss</b>	677,4	927	1100,4	1966,2	<b>5 598</b>
<b>HHW</b>	476,04	505,13	589,6	1739,7	<b>3 815,6</b>

Celková cena závitníků se vypočítá ze vzorce:

$M4 + 2 \times M6 + M8 + M16 \Rightarrow$  závitníky M6 započítávám do výsledku 2x z důvodu množství závitů M6 oproti ostatním na výrobku FRAME MY 9

**Srovnání vlastností závitníků:**

Pro vysokou kvalitu a trvanlivost musí tvářecí závitníky splňovat tyto podmínky:

➤ Výkonná ocel

HSS (výkonná rychlořezná ocel)

HSSE (vysoce výkonná rychlořezná ocel)

HSSE PM (prášková rychlořezná ocel)

➤ Povlakovaná řezná část

TIN (povlak nitridu titanu)

TICN (povlak karbonitridu titanu)

FNT (povlak Balinit Futura Nano Top)

HL (povlak Balinit Hardlube)

Dále musí být tvářecí závitník typu N (pro ocel s pevností do 800Mpa ), musí mít vhodnou řeznou rychlost a mít ISO 6HX nebo 6GX

Tabulka srovnání závitníku

<b>Firma</b>	<b>ocel</b>	<b>povlak</b>	<b>ISO</b>	<b>Typ N</b>
<b>Grumant</b>	HSS	TICN	6HX	ano
<b>Narex Žďárnice</b>	HSSE	TIN	6HX	ano
<b>Emuge-Franken</b>	HSSE	TICN	6HX	ano
<b>DC Swiss</b>	HSEE	TICN	6HX	ano
<b>HHW</b>	HSSE	TICN	6HX	ano

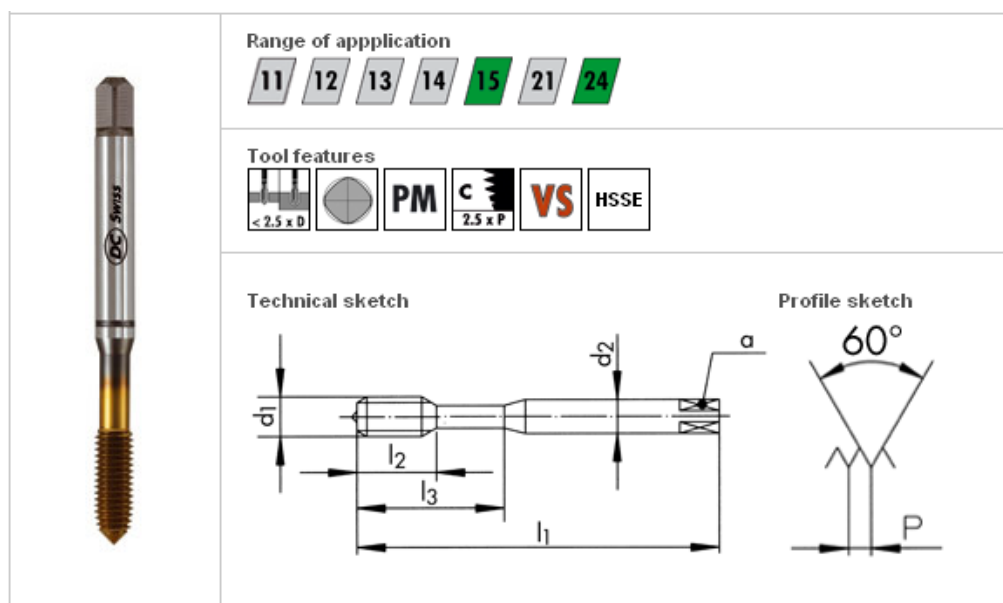
**Srovnání kvality závitníků**

Pro srovnání kvality závitníků v praxi jsem neměl vhodné nástroje ani prostor k dispozici, proto jsem se musel spolehnout na teoretické posouzení pracovníků firmy Slovácké strojírny a.s., kteří mají zkušenosti se všemi třemi typy závitníků. Jako nejméně výhodné z hlediska trvanlivosti určili závitníky firmy Hommel Hercules Werkzeughandel.

## Zhodnocení návrhu

Při porovnání tvářecích závitníků jednotlivých firem jsem došel k závěru, že nevhodné jsou závitníky Hommel Hercules Werkzeughangel z hlediska trvanlivosti a závitníky Emuge-Franken, kvůli jejich příliš vysoké ceně. Ostatní závitníky jsou poměrně stejně výkonné, proto hlavní rozhodnutí jsem učinil podle nejnižší pořizovací ceny závitníku, tedy závitníky firmy DC Swiss.

## Tvářecí závitník firmy DC Swiss



Type of tool	Tool features	Construction	Thread norm
<b>FP380VS-3</b>	<b>VS</b>	DIN 2174	DIN 13

ID	Ø d <sub>1</sub>	Tolerance	P	l <sub>1</sub>	l <sub>2</sub>	l <sub>3</sub>	d <sub>2</sub>	a			Tolerance
			mm	mm	mm	mm	mm	mm		mm	mm
<b>157814</b>	<b>M4</b>	6GX	<b>0.700</b>	63.0	14.0	21	4.50	3.4	5	3.70	+/- 0.03
<b>157154</b>	<b>M4</b>	6HX	<b>0.700</b>	63.0	14.0	21	4.50	3.4	5	3.70	+/- 0.03
<b>151487</b>	<b>M6</b>	6GX	<b>1.000</b>	80.0	17.0	30	6.00	4.9	5	5.55	+/- 0.05
<b>157156</b>	<b>M6</b>	6HX	<b>1.000</b>	80.0	17.0	30	6.00	4.9	5	5.55	+/- 0.05
<b>160791</b>	<b>M8</b>	6GX	<b>1.250</b>	90.0	20.0		8.00	6.2	5	7.40	+/- 0.05
<b>157157</b>	<b>M8</b>	6HX	<b>1.250</b>	90.0	20.0	35	8.00	6.2	5	7.40	+/- 0.05

<b>FP481VS-3</b>	<b>VS</b>	DIN 2174	DIN 13
------------------	-----------	----------	--------

ID	Ø d <sub>1</sub>	Tolerance	P	l <sub>1</sub>	l <sub>2</sub>	d <sub>2</sub>	a			Tolerance
			mm	mm	mm	mm	mm		mm	mm
<b>151074</b>	<b>M16</b>	6GX	<b>2.000</b>	110.0	30.0	12.00	9.0	6	15.10	+/- 0.05
<b>151064</b>	<b>M16</b>	6HX	<b>2.000</b>	110.0	30.0	12.00	9.0	6	15.10	+/- 0.05

## **4 Diskuze experimentu**

### **4.1 Porovnání technologií výroby**

Tváření závitů je za určitých podmínek jednodušší a ekonomičtější než řezání závitů. Má rozhodující význam při požadavcích na jakost povrchu, zpevnění a kvalitu závitu. Další výhodou je podstatně vyšší trvanlivost, až 10krát vyšší oproti třískovému obrábění. U standardních tvářecích závitníků je oproti klasickým závitníkům řeznou rychlost možné zvýšit až o 100 %. Výsledkem jsou kratší pracovní časy.

Další skutečností je, že tvářecí závitníky nelze obnovovat, tzn., že se nepřestřávají, a tím odpadají náklady na údržbu používaných nástrojů. Není nutno se tedy zabývat problematikou přestřování, jako je tomu u klasických závitníků, kde přestřování nástrojů je v poslední době v řadě podniků velkým problémem.

Tváření vnitřních závitů je jednou z nejprogresivnějších metod výroby závitů. Přednosti jejího použití se nejvíce projeví v sériové výrobě. Při dodržení určitých pravidel nejde o metodu náročnou, ale v podmínkách našeho strojírenství o metodu méně používanou.

### **4.2 Výhody tvářecího nástroje DC Swiss [5]**

#### **Výhody:**

- Žádné třísky
- Výroba průchozích i slepých děr
- Velmi vysoká životnost
- Vyšší odolnost proti vylomení nástroje
- Vyšší odolnost závitu při statickém a dynamickém zatížení
- Metoda působí pozitivní změnu ve struktuře materiálu

#### **Nevýhody:**

- Vytvarování profilu závitu není kompletní
- Není vhodné pro tenkostěnné obrobky
- Dojde-li ke zlomení nástroje, těžko se odstraňují jeho zbytky z obrobku

#### **Požadavky:**

- Specifický, velmi přesný průměr předvrtaného otvoru
- Vysoký krouticí moment

## 5 Technicko-ekonomické zhodnocení

Náklady na realizaci operací soustružení a frézování jsou počítány pro jeden kus obrobku. V hodinové sazbě stroje je započítána i hodinová sazba dělníka.

### 5.1 Stávající technologie výroby

#### ➤ Horizontální obráběcí centrum WHN(Q) 13 CNC

- $T_{ac} = 1258 \text{ min}$
- $T_{bc} = 303 \text{ min}$
- $\Sigma = 1561 \text{ min}$

Hodinová sazba stroje ( WHN(Q) 13 CNC): 900 Kč/hod

Náklady na obrábění činí **23 415 Kč**.

### 5.2 Nová technologie

#### ➤ Horizontální obráběcí centrum WHN(Q) 13 CNC

- $T_{ac} = 540 \text{ min}$
- $T_{bc} = 300 \text{ min}$
- $\Sigma = 840 \text{ min}$
- 

Hodinová sazba stroje ( WHN(Q) 13 CNC): 900 Kč/hod

Náklady na obrábění činí **12 600 Kč**.

#### ➤ Hydraulický závitořez RHRM 30

- $T_{ac} = 410 \text{ min}$
- $T_{bc} = 10 \text{ min}$
- $\Sigma = 420 \text{ min}$
- 

Hodinová sazba stroje ( RHRM 30): 600 Kč/hod

Náklady na obrábění činí **4 200 Kč**.

### 5.3 Porovnání nákladů obou technologií

<b>Stávající technologie</b>	<b>Návrh nové technologie</b>
WHN(Q) 13 CNC	WHN(Q) 13 CNC
	RHRM 30
<b>23 415 Kč</b>	<b>16 800 Kč</b>

Do výpočtu nejsou zahrnuty nástroje pro tváření ani řezání závitů. Nově navržené tvářecí závitníky mají totiž mnohem větší životnost než řezné závitníky použité ve stávající technologii.

**Zavedením nové technologie se sníží náklady na realizaci skoro o 39 %.**

### 5.4 Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo ve spolupráci s firmou Slovácké strojírny a.s. převedení výroby vybrané součásti (výkres viz příloha) na moderní a progresivnější technologii. Byla snaha dosáhnout urychlení, vyšší kvality obrábění a v neposlední řadě také snížit náklady na výrobu.

Prvním krokem ke splnění těchto cílů bylo vytipování vhodných obráběcích strojů ze strojového parku firmy Slovácké strojírny a.s. Ve stávající technologii jsou všechny tyto operace realizovány na obráběcím horizontálním centru WHN(Q) 13 CNC, které je velmi kapacitně přetížené. Jako nejvhodnější se nakonec ukázal převedení výroby závitů na Hydraulický závitořez RHRM 30. Hlavním kritériem výběru tohoto stroje byla možnost realizace tváření závitů. Tento fakt umožnil ušetřit většinu času při výrobě závitů oproti stávající technologii. Dalším důvodem pro výběr tohoto stroje byla v současné době jeho poměrně malá vytíženost.

Po vytipování obráběcího stroje bylo potřeba zvolit vhodné nástroje. Ty byly vybrány ze širokého sortimentu nástrojů pro tváření závitů, která zaujímá přední pozici mezi výrobci obráběcích nástrojů. Tyto nástroje se vyznačují vysokou kvalitou a spolehlivostí, kterou zajišťuje použití moderních technologií při výrobě samotných tvářecích závitníků.

Výsledkem převedení části výroby na hydraulický závitořez byla 39 % úspora nákladů vynaložených na realizaci těchto operací, a však další a nejdůležitější úspora

byla ve snížení výrobní kapacity na horizontálním obráběcím centru o 721 minut, které budou využity k obrábění skříňových součástí pro firmu COLINET.

## Použitá literatura

- [1] BRYCHTA, J. *Technologie II*. OSTRAVA: FS VŠB – TU Ostrava, 2003, 150 s. ISBN 80-248-0237-6.
- [2] BILÍK, O. *Obrábění II – 1. díl, Fyzikálně mechanické záležitosti procesu obrábění*. Ostrava: FS VŠB – TU Ostrava, 1994. 138 s. ISBN 80-7078-228-5.
- [3] *Výroba vnitřních závitů tvářením*  
<http://www.mmspektrum.com/clanek/vyroba-vnitrnich-zavitu-tvarenim>
- [4] *Historie společnosti Slovácké strojírny a.s.*  
<http://www.sub.cz/web/informace-o-spolecnosti/historie-spolecnosti.html>
- [5] *Tvářecí závitníky DC Swiss*  
<http://www.dcswiss.ch/EN/ThreadFormers.htm>
- [6] VASILKO, K., NOVÁK-MARCINČIN, J., HAVRILA, M. *Výrobné [I]* Prešov: Datapress Prešov, 2003, 424 s. ISBN 80-7099-995-0.
- [7] NESLUŠAN, M., TUREK, S., BRYCHTA, J., ČEP, R., TABAČEK, M. Ostrava: *Experimentálne metódy trieskovom obrábaní. [I]* Žilina: EDIS Žilina, 2007, 343 s. ISBN 978-80-8070-711-8.
- [8] BRYCHTA, J., HAVRILA, M., JURKO, J., ZAJAC, J. *Top trendy v obrábání, I. Část – Obrábané materiály*. Žilina: Media/ST, s.r.o., Žilina, 2006, 193 s. ISBN 80-968954-2-7.
- [9] ZAJAC, J., JURKO, J., ČEP, R. *Top trendy v obrábání II. Část – Nástrojové materiály. [I]* Žilina: Media/ST, s.r.o., Žilina, 2006, 193 s. ISBN 80-968954-2-7
- [10] VASILKO, K., HAVRILA, M., MARCINCIN-NOVÁK, J., MÁDL, J., ZAJAC, J. *trendy v obrábání III. Část – Technologie obrábání. [I]* Žilina: Media/ST, s.r.o., Žilina, 2006, 214 s. ISBN80-968954-2-7.



## **Poděkování**

Poděkování bych chtěl vyjádřit zaměstnancům firmy Slovácké strojírny a.s. za ochotnou spolupráci, odborné rady, materiální a technickou pomoc při tvorbě této práce.

Zvláštní poděkování patří vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Vladimíru Vrbovi, CSc za odborné vedení, cenné rady a připomínky při její tvorbě.

Nemohu opomenout poděkovat celé své rodině za jejich neocenitelnou podporu, kterou mi poskytovali po celou dobu mého studia.